

## РЕДУКТОР НА БАЗЕ ВОЛНОВОЙ ПЕРЕДАЧИ С ЖЕСТКИМИ ЗВЕНЬЯМИ

Б.И. Иванов, В.К. Апальков, Д.Б. Смирнов  
Научный руководитель: профессор, д.т.н. В.М. Никифоров  
ФГУП «НПЦАП»

Россия, г. Москва, ул. Введенского, д.1, 117342  
E-mail: [Smirnovdb1987@yandex.ru](mailto:Smirnovdb1987@yandex.ru)

В устройствах приборов и систем управления широкое применение находят различные механизмы, установленные между двигателем и исполнительным органом. Быстрое развитие приборостроения и систем управления характеризуются повышением требований к точностным характеристикам их выходных параметров, а также уменьшением веса, габаритов и увеличением долговечности и надежности работы. В передаточных механизмах трудоемкими звеньями являются зубчатые колеса. Требования, предъявляемые к ним в отношении точности изготовления, значительно выросли. Вместо зубчатых колес 8 и 7-ой степени точности во многих системах требуется применение зубчатых колес 6,5 и 4-й степени точности, что приводит к значительному удорожанию производства изделий.

Проблемы изготовления и контроля деталей высокоточных зубчатых передач (цилиндрические зубчатые колеса 5-ой и 6-ой степени точности, червяки, червячные колеса, детали корпусов редукторов) касаются одного из редукторов шагового двигателя, разработанного во ФГУП «НПЦАП». К характерным особенностям данного редуктора можно отнести следующее: передаточное отношение редуктора 50; мертвый ход не более 0,0087 рад. - в конструкции применены шарикоподшипники трех типоразмеров; в конструкции применены зубчатые колеса 5-ой и 6-ой степени точности; поля допусков на расположение координат межцентровых расстояний составляют 0,01 мм.

Для снижения затрат на производство и повышения качества выпускаемой продукции, была проведена работа по поиску альтернативных конструкционных и схемных решений. Критериями поиска были следующие параметры: невысокие требования по точности деталей входящих в конструкцию, малая номенклатура применяемых деталей, возможность получения больших передаточных отношений в малых габаритных размерах, пригодность к изготовлению в имеющихся производственных условиях. Наиболее перспективным и отвечающим заявленным требованиям был выбран частный случай планетарного редуктора – конический волновой редуктор с жесткими звеньями.

К преимуществам такого типа редукторов в статье «Конический волновой редуктор с жесткими звеньями» [1] относят: большое передаточное число при малых массе и габаритах; высокая кинематическая точность; почти полное отсутствие мертвого хода; достаточно высокий КПД (~75%); возможность получения эффекта самоторможения.

По результатам проведенных исследований была разработана конструкция двухступенчатого конического волнового редуктора с жесткими звеньями (рис. 1), характерной особенностью которого, является одностороннее расположение зубчатых венцов всех конических колес, данный вариант компоновки позволяет реализовывать двухступенчатый режим работы при минимальном осевом габаритном размере. В настоящее время конструкция защищена патентом №2564556.

Малогабаритный конический волновой редуктор содержит смонтированные в корпусе соосно ведущий и ведомый валы и две пары взаимодействующих между собой зубчатых конических колес, ведущим является кривошипный вал 2, на наклонной оси которого вращается сборный блок, состоящий из двух конических колес жестко соединенных между собой, таким образом, чтобы зубчатые венцы располагались на одной стороне блока и один зубчатый венец 9 входил в зацепление с коническим колесом, неподвижно закрепленным на корпусе 5, а другой зубчатый венец 4 блока имел зацепление с коническим колесом ведомого вала 7. Конструкция позволяет реализовать, как одноступенчатый режим работы (для передаточных отношений до 100 ед.), так и двухступенчатый (для отношений свыше 100 ед.)

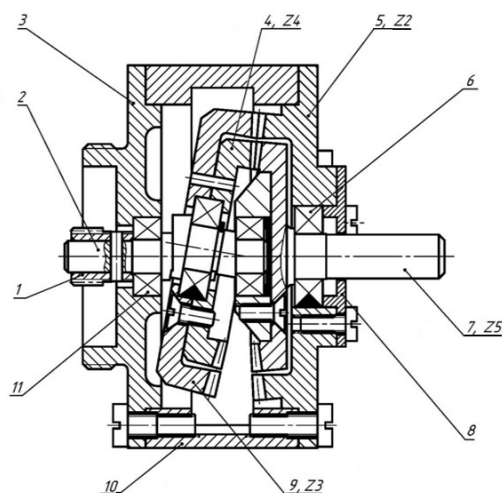


Рис. 1. Волновой редуктор с жесткими звеньями.

1 – приводное зубчатое колесо, 2 – кривошипный вал, 3 – основание, 4 – внутреннее коническое колесо, 5 – корпусное коническое колесо, 6, 11 – шарикоподшипники, 7 – колесо выходного вала, 8 – крышка, 9 – внешнее коническое колесо, 10 – кожух.

Использование жестких элементов в волновых передачах в качестве несущих звеньев позволяет получить высокую кинематическую точность с большим передаточным отношением, малым значением мертвого хода, наличием самоторможения, и позволяет повысить надежность и долговечность работы редуктора.

Для проведения испытаний разработанный редуктор был изготовлен в одних и тех же габаритах, но в трех исполнениях с разными передаточными числами: 50, 312, 2500. На базе шагового двигателя и имеющейся контрольно-испытательной аппаратуры (КИА), были проведены следующие испытания: определение мертвого хода и осевого перемещения выходного вала, передаточного отношения прикладным методом на всех исполнениях конического волнового редуктора в составе имеющийся КИА, КПД в нормальных условиях, максимального момента самоторможения, на одном образце, сравнительной проверке крутящего момента на выходном валу конического волнового и цилиндрического редуктора в составе с одним и тем же двигателем.

#### Результаты проведенных исследований и испытаний.

Передаточное отношение	50	312	2500
Мертвый ход, рад	Менее 0,0087	Менее 0,0087	Менее 0,0087
Осевое перемещение выходного вала, мм	Менее 0,01	Менее 0,01	Менее 0,01
Измеренный КПД, %	40	5	2
Максимальный момент самоторможения, г*см	3250	-	-
Примечание: Максимальный момент самоторможения получен при измерении КПД, т.к. при большем крутящем моменте появилось проскальзывание технологической оснастки.			

Свое применение конические волновые редукторы с жесткими звеньями могут так же найти и в механизмах приборов и систем управления, оптико-механических устройствах, в качестве кинематических и силовых приводов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.

1. Давыдов А.В., Иванов Б.И., Смирнов Д.Б., Конический волновой редуктор с жесткими звеньями // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. Вып.6 Тула: изд-во ТулГУ 2016г. с 62-67;
2. Павлов Б.И. Механизмы приборов и систем управления. Л. Из-во «Машиностроение», 1972 г. 232 с.